Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 37 del 7 febbraio 1981

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo I

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA Roma - Sabato, 7 febbraio 1981 SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI MENO I FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DI GRAZIA E GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE DELLE LEGGI E DECRETI - CENTRALINO 65101
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 85081

N. 6

DECRETO MINISTERIALE 21 gennaio 1981.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

SOMMARIO

LEGGI E DECRETI

DECRETO MINISTERIALE 21 gennaio 1981.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

IL MINISTRO DEI LAVORI PUBBLICI

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELL'INTERNO

Vista la legge 2 febbraio 1974, n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

Ritenuto che, in forza dell'art. 1 della citata legge n. 64/1974, devono essere emanate norme tecniche per la disciplina delle costruzioni;

Visto il voto n. 504/78 con il quale il Consiglio superiore dei lavori pubblici riunito in assemblea generale — nelle sedute del 23 luglio 1976, del 15 dicembre 1978 e del 16 febbraio 1979 — ha espresso parere favorevole sulle norme tecniche, elaborate dall'apposito comitato di studio, riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

Decreta:

Art. 1.

Sono approvate le norme tecniche allegate al presente decreto, riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Art. 2.

Ai sensi dell'art. 32 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, dette norme entreranno in vigore trenta giorni dopo la pubblicazione del presente decreto nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, addì 21 gennaio 1981

Il Ministro dell'interno
ROGNONI

Il Ministro dei lavori pubblici
NICOLAZZI

NORME TECNICHE RIGUARDANTI LE INDAGINI SUI TERRENI E SULLE ROCCE, LA STABILITA' DEI PENDII NATURALI E DELLE SCARPATE, I CRITERI GENERALI E LE PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE E IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE

NORME TECNICHE RIGUARDANTI LE INDAGINI SUI TERRENI E SULLE ROCCE, LA STABILITA' DEI PENDII NATURALI E DELLE SCARPATE, I CRITERI GENERALI E LE PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE E IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE.

A. DISPOSIZIONI GENERALI.

A.1 *Oggetto delle norme.*

Con le presenti norme si stabiliscono i criteri di carattere generale da seguire:

per il progetto e per l'esecuzione di indagini sui terreni, intesi quali terre o rocce nella loro sede;

per il progetto, per la costruzione e per il collaudo di opere di fondazione, opere di sostegno, manufatti di materiali sciolti, manufatti sotterranei, fronti di scavo, discariche, colmate, drenaggi e filtri;

per lo studio della stabilità di pendii naturali;

per lo studio di fattibilità di opere su grandi aree, nei riguardi dei problemi geologici e geotecnici;

per il progetto e per la realizzazione di interventi nel sottosuolo, quali consolidamenti dei terreni ed emungimenti di fluidi.

Le presenti norme si applicano a tutte le opere pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, come disposto dall'art. 1 della legge 2 febbraio 1974, n. 64. Per le opere speciali di cui al punto (d) dell'art. 1 della sopra richiamata legge, le presenti norme vanno integralmente applicate, salvo quanto disposto nelle norme tecniche relative alle singole opere speciali.

Per le zone classificate come sismiche, le presenti norme debbono essere integrate con quanto stabilito dalle norme sulle costruzioni in zone sismiche, di cui all'art. 3 della legge su indicata.

Per quanto attiene al calcolo ed al dimensionamento delle strutture, dei manufatti considerati nelle presenti norme, ai relativi materiali, ai procedimenti e metodi costruttivi, si rimanda alle vigenti norme specifiche e in particolare alle norme emanate in applicazione della legge 5 novembre 1971, n. 1086, salvo quanto diversamente prescritto nelle sezioni seguenti.

A.2. *Prescrizioni generali.*

Le scelte di progetto devono essere sempre basate sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di rilievi, indagini e prove.

I calcoli di progetto devono comprendere le verifiche di stabilità. La scelta dei coefficienti di sicurezza deve essere motivata. L'assunzione di valori diversi da quelli prescritti nei capitoli successivi deve essere giustificata con un'analisi documentata.

Il progetto deve comprendere anche una valutazione dei prevedibili spostamenti dell'insieme opera-terreno, nonché un giudizio sull'ammissibilità di tali spostamenti in rapporto alla sicurezza e funzionalità del manufatto e di quelli ad esso adiacenti.

La grandezza dei carichi e delle azioni da considerare nei calcoli geotecnici deve essere stabilita sulla base di una analisi che tenga conto della probabilità e della frequenza della loro applicazione, del loro tempo di permanenza, della natura dei terreni presenti nel sottosuolo nonché del tipo di opera.

Si deve tener conto anche di sovraccarichi che gravino direttamente sul terreno nelle zone interferenti con l'opera.

Nel progetto devono essere considerati gli aspetti costruttivi di carattere generale.

In fase costruttiva si deve controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica di progetto e le effettive condizioni del sottosuolo.

Nel caso di costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno, che ricadano in zone già note, la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo può essere ottenuta per mezzo della raccolta di notizie e dati sui quali possa responsabilmente essere basata la progettazione.

In questo caso i calcoli geotecnici di stabilità e la valutazione degli spostamenti possono essere omessi, ma l'idoneità delle soluzioni progettuali adottate deve essere motivata con apposita relazione.

A.3. *Elaborati geotecnici e geologici.*

I risultati delle indagini, degli studi e dei calcoli geotecnici, devono essere esposti in una relazione geotecnica, parte integrante degli atti progettuali.

Nei casi in cui le presenti norme prescrivano uno studio geologico, deve essere redatta anche una relazione geologica, che farà parte integrante degli atti progettuali.

A.4. *Collaudo.*

Il collaudo dovrà accertare la rispondenza delle opere eseguite alle previsioni progettuali e la rispondenza dell'esecuzione alla presente normativa, tenendo conto di tutti i dati rilevati in corso di costruzione.

Ulteriori indagini e prove saranno effettuate nel corso del collaudo, in quanto ritenute necessarie al fine di accertare l'idoneità dell'opera all'uso cui è destinata.

B. INDAGINI GEOTECNICHE.

B.1. *Oggetto delle norme.*

Le presenti norme riguardano il progetto e l'esecuzione delle indagini geotecniche. Queste indagini hanno lo scopo di raccogliere tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per il progetto e per il controllo del comportamento dell'opera nel suo insieme ed in rapporto al terreno.

B.2. *Indagini nelle fasi di progetto e di costruzione.*

Nella fase dell'accertamento di fattibilità dovrà essere effettuata un'indagine geologica e geotecnica per valutare la stabilità di insieme della zona, prima ed a seguito della costruzione dell'opera in progetto, e per individuare i problemi che la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni pongono nelle scelte delle soluzioni progettuali e dei corrispondenti procedimenti costruttivi.

In questa fase possono essere utilizzati dati geologici e geotecnici deducibili dalla letteratura e da rapporti su lavori eseguiti nella stessa zona.

Nella fase di progetto le indagini devono essere dirette ad approfondire la caratterizzazione geotecnica qualitativa e quantitativa del sottosuolo per confrontare le soluzioni possibili, scegliere quella esecutiva e definire i procedimenti costruttivi.

Per i manufatti di materiali sciolti l'indagine deve comprendere anche la ricerca e lo studio dei materiali da impiegare nella costruzione.

Le indagini, gli studi ed i rilievi devono essere portati a termine nei tempi utili alla compilazione del progetto, salvo successivi sviluppi in relazione alle esigenze della fase costruttiva.

Nel caso di modesti manufatti che ricadano in zone già note, le indagini ed i rilievi possono essere ridotti alla raccolta di notizie e dati in precedenza acquisiti, sui quali possa responsabilmente essere basata la progettazione.

La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori e adattando, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

B.3. *Ampiezza dell'indagine.*

Lo studio geotecnico va esteso alla parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il comportamento del manufatto stesso (volume significativo).

L'ampiezza dell'indagine deve perciò essere proporzionata alle dimensioni, al tipo, alle caratteristiche strutturali, alla importanza dell'opera da costruire, alla complessità del sottosuolo ed allo stato delle conoscenze sulla zona in esame.

B.4. *Mezzi di indagine.*

Il programma delle indagini deve essere formulato in base alla prevedibile costituzione del sottosuolo, tenuto conto dei problemi in esame.

Le indagini geotecniche consistono in:

a) perforazioni o scavi;

b) prelievo di campioni;

c) modalità di individuazione delle falde e misure relative alle corrispondenti caratteristiche idrologiche;

d) prove in sito e di laboratorio per la determinazione delle proprietà dei terreni;

e) eventuali indagini geofisiche.

I mezzi di indagine devono essere scelti caso per caso in relazione ai terreni presenti nel sottosuolo, alle finalità e caratteristiche dell'opera.

Il programma delle indagini deve essere sufficientemente flessibile per consentire eventuali modifiche conseguenti alle conoscenze che si otterranno nel corso delle indagini stesse.

C. Opere di fondazione.

C.1. *Oggetto delle norme.*

Le presenti norme riguardano le fondazioni di manufatti di qualsiasi tipo.

Per quanto attiene al calcolo delle strutture costituenti la fondazione, ai materiali impiegati, ai procedimenti e metodi costruttivi, valgono le vigenti norme specifiche.

Per le fondazioni di manufatti ricadenti in zone sismiche devono essere rispettate le prescrizioni di cui al titolo II della legge 2 febbraio 1974, n. 64.

C.2. *Criteri di progetto.*

Il progetto della fondazione di un'opera va eseguito congiuntamente al progetto dell'opera in elevazione e comprende anche la indicazione dei metodi di costruzione.

I requisiti di un'opera di fondazione devono essere i seguenti:

lo stato di tensione indotto nel terreno deve essere compatibile con le caratteristiche di resistenza del terreno stesso, nella situazione iniziale ed in quelle che potranno presumibilmente verificarsi nel tempo;

gli spostamenti delle strutture di fondazione devono essere tali da non compromettere la statica e la funzionalità delle strutture in elevazione.

Deve essere tenuta in debito conto l'influenza che l'opera in progetto può avere su fondazioni e su costruzioni esistenti nelle vicinanze.

Il progetto deve comprendere:

indagini, rilievi, studi per individuare e valutare i fattori che possono influire sul comportamento della fondazione;

scelta del tipo di fondazione;

verifica di stabilità del complesso terreno-fondazione;

previsione dei cedimenti e del loro andamento nel tempo;

scelta dei procedimenti costruttivi;

proporzionamento delle strutture di fondazione e relative verifiche di sicurezza.

C.3. *Prescrizioni per le indagini.*

I rilievi e le indagini — da effettuare in conformità alle direttive riportate alla sezione B — hanno lo scopo di accertare la costituzione del sottosuolo e la presenza di acque sotterranee a pelo libero ed in pressione e di misurare o consentire la valutazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni.

La profondità da raggiungere con le indagini va computata dalla quota più bassa dell'opera di fondazione. Essa va stabilita e giustificata caso per caso in base alla forma, alle dimensioni, alle caratteristiche strutturali del manufatto, al valore dei carichi da trasmettere in fondazione, alle caratteristiche degli stessi terreni di fondazione ed alla morfologia di una conveniente area circostante l'opera.

Indagini specifiche devono essere eseguite nelle aree dove per motivate ragioni geologiche, storiche e minerarie possono essere presenti cavità nel sottosuolo.

C.4. *Fondazioni dirette.*

C.4.1. Criteri di progetto.

Il piano di posa deve essere situato al disotto della coltre di terreno vegetale, nonché al disotto dello strato interessato dal gelo e da significative variazioni di umidità stagionali. Una scelta diversa deve essere adeguatamente giustificata.

Le fondazioni devono essere direttamente difese o poste a profondità tale da risultare protette dai fenomeni di erosione del terreno superficiale.

Nel progetto di una fondazione diretta si deve verificare che il comportamento della fondazione, tanto nei suoi elementi quanto nel suo complesso, sia compatibile con la sicurezza e con la funzionalità dell'opera.

A tal fine si devono determinare il carico limite del complesso fondazione-terreno e i cedimenti, sia per le singole strutture di fondazione che per l'intera opera.

Nei casi in cui una lunga e soddisfacente pratica locale consenta di definire il tipo e le dimensioni delle fondazioni le scelte devono essere documentate e giustificate in base ad un giudizio globale con esplicito riferimento alla situazione geotecnica del sottosuolo.

C.4.2. Carico limite e carico ammissibile del complesso fondazione-terreno.

Il carico limite del complesso fondazione-terreno deve essere calcolato sulla base delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo e delle caratteristiche geometriche della fondazione.

Nel calcolo devono essere considerate anche le eventuali modifiche che l'esecuzione dell'opera può apportare alle caratteristiche del terreno ed allo stato dei luoghi.

Nel caso di manufatti situati su od in prossimità di pendii naturali od artificiali deve essere verificata anche la stabilità globale del pendio stesso, secondo quanto disposto alla sezione *G*, includendo nelle verifiche le forze trasmesse dalla fondazione.

Il carico ammissibile deve essere fissato come un'aliquota del carico limite.

Il coefficiente di sicurezza non deve essere inferiore a 3, a meno che caratteristiche dell'opera, indagini particolarmente accurate, omogeneità ed uniformità di comportamento del terreno, approfondita conoscenza delle azioni sulla struttura e metodi di calcolo più aderenti alla realtà consentano l'adozione di valori più bassi.

C.4.3. Cedimenti.

I cedimenti assoluti e differenziali ed il loro decorso nel tempo devono essere compatibili con lo stato di sollecitazione ammissibile per la struttura e con la funzionalità del manufatto.

La previsione dei cedimenti deve essere basata sul calcolo riferito alle condizioni geotecniche del sottosuolo, valutando opportunamente l'entità dei carichi e dei sovraccarichi.

Tale previsione può essere limitata ad un giudizio globale se una lunga e soddisfacente pratica locale consente di valutare il comportamento del complesso terreno-strutture.

C.4.4. Elemento strutturale di fondazione.

Per le verifiche di resistenza delle singole membrature o elementi strutturali di una fondazione si deve tenere conto delle reazioni del terreno, di eventuali spinte dovute all'acqua e dell'influenza di eventuali sovraccarichi direttamente applicati al terreno.

I carichi e le azioni sopracitati vanno combinati in modo tale da dar luogo, in ciascun elemento strutturale della fondazione, al più gravoso stato di sollecitazione.

Nella valutazione degli stati di sollecitazione degli elementi strutturali di fondazione si deve tener conto dell'interazione terreno-struttura di fondazione-struttura in elevazione.

C.4.5. Scavi di fondazione.

Nell'esecuzione degli scavi per raggiungere il piano di posa della fondazione si deve tener conto di quanto specificato al punto A.2, al punto D.2 ed alla sezione *G*.

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con un getto di conglomerato magro.

Nell'eventualità di scavi eseguiti in terreni permeabili sotto il livello della falda si devono rispettare le prescrizioni di cui alla sezione *L*.

C.5. *Fondazione su pali.*

C.5.1. Criteri di progetto.

Il progetto di una fondazione su pali comporta il dimensionamento della palificata e delle relative strutture di collegamento; esso comprende la scelta del tipo di palo e delle relative modalità di esecuzione e lo studio del comportamento del complesso palificata-terreno.

Deve essere determinato il carico limite del singolo palo e quello della palificata e verificata l'ammissibilità dei cedimenti della palificata in relazione alle caratteristiche delle strutture in elevazione sotto le condizioni precisate nel punto A.2.

Devono essere valutate le eventuali variazioni delle caratteristiche del terreno e le conseguenze che l'esecuzione della palificata può provocare su manufatti esistenti in zone vicine.

Qualora sussistano le condizioni geotecniche per cui si possa verificare il fenomeno dell'attrito negativo si deve tener conto nella scelta del tipo di palo, nel dimensionamento e nelle verifiche, del corrispondente effetto.

C.5.2. Indagini specifiche.

Le indagini devono essere eseguite in conformità alla sezione *B* e devono essere dirette anche ad accertare la fattibilità del tipo di palo in relazione alle caratteristiche dei terreni e delle acque del sottosuolo.

La profondità delle indagini va computata a partire dalla quota della punta dei pali.

C.5.3. Carico limite e carico ammissibile del palo singolo.

La determinazione del carico limite del complesso palo-terreno deve essere effettuata con uno o più dei seguenti procedimenti:

a) metodi analitici per la valutazione della resistenza alla base e lungo il fusto;

b) correlazioni basate sui risultati di prove in sito;

c) sperimentazione diretta su pali di prova (vedi punto C.5.5);

d) analisi del comportamento dei pali durante la battitura.

Nel progetto si deve giustificare la scelta del o dei procedimenti di calcolo adottati.

La valutazione del carico assiale sul palo singolo deve essere effettuata prescindendo dal contributo delle strutture di collegamento direttamente appoggiate sul terreno.

La sperimentazione diretta con prove di carico su pali singoli o gruppi di pali, deve essere in ogni caso eseguita per opere di notevole importanza e quando, per la natura del sottosuolo, i risultati delle indagini non consentano di esprimere giudizi affidabili sul comportamento del palo.

Il valore del carico ammissibile del palo singolo rispetto al carico assiale limite deve essere fissato applicando un coefficente di sicurezza da stabilire in relazione alle caratteristiche del terreno, al tipo ed alle modalità costruttive del palo.

Il valore del coefficiente di sicurezza non deve essere inferiore a 2,5.

Per il calcolo del carico limite dovranno anche considerarsi le eventuali forze orizzontali.

C.5.4. Carico ammissibile della palificata.

Il calcolo del carico ammissibile della palificata deve essere eseguito sulla base del carico ammissibile del palo singolo e dell'influenza della configurazione geometrica della palificata, del tipo costruttivo di palo e della costituzione del sottosuolo.

Il carico ammissibile della palificata deve essere stabilito anche in relazione al valore dei cedimenti assoluti e differenziali compatibili con la sicurezza e la funzionalità dell'opera e di quelle adiacenti.

C.5.5. Prove di carico.

Le prove di progetto per la determinazione del carico limite del palo singolo di cui al punto C.5.3. devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso palo-terreno o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi abbassamenti-carichi e abbassamenti-tempi.

Le prove di collaudo di una polificata devono essere spinte ad almeno 1,5 volte il carico ammissibile del palo valutato secondo quanto specificato al punto C.5.3.

Il numero dei pali da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo. Per opere di notevole importanza tale numero deve essere pari ad almeno il 2 % del numero totale dei pali, con un minimo di due.

Per pali prefabbricati e infissi la percentuale dei pali da sottoporre a prova può essere ridotta all'1 %, fermo restando il minimo di due pali.

D. Opere di sostegno.

D.1. *Oggetto delle norme.*

Le norme contenute nella presente sezione si applicano ai muri di sostegno, alle paratie, alle palancolate ed alle armature per il sostegno di scavi.

D.2. *Criteri di progetto.*

Il comportamento dell'opera di sostegno, intesa come complesso struttura-terreno, deve essere esaminato tenendo conto dei seguenti fattori:

a) successione e caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e di eventuali materiali di riporto, interessati dall'opera;

b) falde idriche;

c) profilo della superficie topografica del terreno prima e dopo l'inserimento dell'opera;

d) manufatti circostanti;

e) caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'opera;

f) drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee;

g) modalità di esecuzione dell'opera e del rinterro.

Deve essere verificata la stabilità dell'opera di sostegno e del complesso opera-terreno. Le verifiche debbono essere effettuate nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione, tenendo conto delle possibili oscillazioni di livello dell'acqua nel sottosuolo.

Quando il terreno sia sede di moti di filtrazione, l'opera deve essere verificata nei riguardi del sifonamento.

Nel caso di opere su pendio o prossime a pendii si deve esaminare anche la stabilità di questi secondo quanto indicato alla sezione *G*.

Il progetto deve comprendere inoltre il dimensionamento delle opere di drenaggio e di raccolta delle acque superficiali, tenuto conto anche di quanto indicato alla sezione *N* e con le limitazioni prescritte alla sezione *L*.

Nel caso di scavi armati o delimitati da pareti, deve essere verificata anche la stabilità del fondo nei riguardi della rottura per sollevamento.

D.3. *Indagini specifiche.*

Per i criteri generali di indagine si fa riferimento alla sezione *B*.

Il volume significativo di cui al punto B.3. deve contenere le superfci di scorrimento possibili relative alla stabilità globale dell'opera e del terreno circostante. In particolare, nei terreni sede di moti di filtrazione tale volume deve comprendere le zone dove possono aver luogo fenomeni di sifonamento.

D.4. *Verifiche dei muri di sostegno con fondazioni superficiali.*

D.4.1. Azioni sul muro di sostegno.

Le azioni dovute al terreno, all'acqua, ai sovraccarichi ed al peso proprio del muro devono essere calcolate e composte in modo da pervenire di volta in volta, alla condizione più gravosa nei confronti delle verifiche di cui ai punti seguenti.

Le ipotesi per il calcolo delle spinte sui muri devono essere giustificate con considerazioni sugli spostamenti prevedibili in relazione alla funzione assolta dal muro. In particolare la spinta attiva può essere adottata nei casi in cui questo valore della spinta sia compatibile con i possibili spostamenti del muro.

Ai fini della verifica di cui al successivo punto D.4.2., non si tiene conto, nel calcolo, del contributo di resistenza del terreno antistante il muro; in casi particolari, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni ed ai criteri costruttivi del muro, si può tenerne conto con valori non superiori al 50 % della resistenza passiva.

D.4.2. Verifica allo slittamento del muro.

Per la sicurezza allo slittamento lungo il piano di posa del muro, il rapporto tra la somma delle forze resistenti nella direzione dello slittamento e la somma delle componenti nella stessa direzione delle azioni sul muro deve essere non inferiore a 1,3.

D.4.3. *Verifica al ribaltamento del muro.*

La risultante del peso proprio, delle azioni permanenti e di quelle di lunga durata non deve cadere al di fuori del nocciolo d'inerzia dell'intera sezione di base.

Il rapporto fra il momento delle forze stabilizzanti e quello delle forze ribaltanti rispetto al lembo anteriore della base deve essere maggiore di 1,5.

D.4.4. Verifica al carico limite dell'insieme fondazione del muro-terreno.

Questa verifica deve essere eseguita secondo quanto prescritto alla sezione *C*, tenendo conto dell'inclinazione ed eccentricità della risultante delle forze trasmesse dal muro al terreno di fondazione. Il coefficiente di sicurezza non deve essere minore di 2.

D.4.5. Verifica di stabilità generale.

Questa verifica riguarda la stabilità del terreno, nel quale è inserito il muro, nei confronti di fenomeni di scorrimento profondo.

Il coefficente di sicurezza non deve risultare inferiore ad 1,3.

D.5. *Modalità costruttive.*

A tergo dei muri di sostegno deve essere realizzato un drenaggio in grado di garantire anche nel tempo un adeguato smaltimento delle acque piovane e di falda. Tale drenaggio deve essere dimensionato secondo quanto prescritto alla sezione *N*.

Il muro deve essere interrotto da giunti trasversali, estesi alla fondazione, quando lo richiedano la lunghezza del manufatto e la natura del terreno.

Nel caso in cui alle spalle del muro debba essere eseguito un rinterro, sono da seguire le norme del punto E.3.

Il costipamento del rinterro, quando previsto, deve essere eseguito secondo quanto prescritto alla sezione *E*.

E. MANUFATTI DI MATERIALI SCIOLTI.

E.1. *Oggetto delle norme.*

Le presenti norme si applicano ai manufatti di materiali sciolti ed ai rinterri.

Le colmate e le discariche sono trattate alla sezione *I*.

Le dighe di ritenuta di materiali sciolti sono oggetto di norme tecniche specifiche.

E.2. *Indagini sui terreni e sui materiali da costruzione.*

Le indagini devono essere programmate e svolte secondo quanto prescritto alla sezione *B*.

Nel progetto occorre considerare globalmente l'insieme manufatto-sottosuolo. A tal fine devono essere definite la stratigrafia, le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e le caratteristiche di eventuali falde idriche.

Il progetto deve prevedere la scelta dei materiali; questa deve essere effettuata tenendo presenti le risorse naturali della zona, nel rispetto dei vincoli imposti dalla vigente legislazione.

A tal fine, dove si prevede l'apertura di cave di prestito devono essere effettuate indagini geologiche e geotecniche per accertare la disponibilità di materiali idonei e la possibilità di eseguire i lavori.

Sui materiali prescelti devono essere eseguite indagini di laboratorio per definire la classificazione geotecnica e le caratteristiche di costipamento e, quando necessario, le proprietà meccaniche e la permeabilità.

E.3. *Criteri di progetto.*

Il manufatto deve essere progettato tenendo conto dei requisiti richiesti per la sua funzione nonché delle caratteristiche dei terreni di fondazione. Devono essere altresì indicate le fonti di approvvigionamento e le disponibilità dei materiali.

La stabilità dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere indicata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione ed all'esercizio, adottando i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche determinati con le indagini di cui al punto E.2. Per i rilevati il coefficiente di sicurezza non deve essere inferiore a 1,3. Per gli argini vale quanto previsto nelle norme tecniche per le dighe di ritenuta di materiali sciolti.

Si deve verificare che i cedimenti, dovuti alle deformazioni dei terreni di fondazione e dei materiali costituenti il manufatto, siano compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto stesso.

Si deve accertare l'influenza del manufatto in progetto sui manufatti esistenti ed indicare gli interventi occorrenti per limitarne gli effetti sfavorevoli.

Nel caso di manufatti su pendii, si deve esaminare anche l'influenza che la realizzazione dei manufatti può avere sulle condizioni di stabilità generali del pendio. L'analisi deve essere sviluppata come indicato al punto G.2.

Il progetto di opere modeste per dimensioni e funzione, può essere basato su stime cautelative delle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale impiegato e del terreno di fondazione.

Il progetto deve considerare anche tutti gli interventi occorrenti per proteggere il manufatto dagli agenti esterni.

E.4. *Posa in opera dei materiali.*

I materiali costituenti i manufatti devono essere posti in opera a strati e costipati. Al riguardo devono essere indicate in progetto le prescrizioni relative alla posa in opera, precisando i controlli da eseguire durante la costruzione ed i limiti di accettabilità dei materiali.

La posa in opera senza costipamento è consentita, oltre che nei rinterri, nel caso di manufatti di pietrame e nel caso di opere subacquee quale che sia il materiale impiegato, avuto riguardo all'importanza del manufatto.

Di ciò si deve tener conto in progetto, sia nella definizione della sezione tipo dell'opera, sia nella valutazione delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali.

F. MANUFATTI SOTTERRANEI.

F.1. *Oggetto delle norme.*

Le presenti norme si applicano ai manufatti completamente immersi nel terreno che si realizzano mediante scavo in sotterraneo.

F.2. *Indagini specifiche.*

Le indagini geologiche e geotecniche per la scelta dell'ubicazione o del tracciato del manufatto e per la raccolta dei dati da porre a base dei calcoli geotecnici devono essere programmate ed eseguite secondo i criteri indicati nella sezione *A* e *B*.

F.3. *Progetto.*

F.3.1. Criteri di progetto.

Nel progetto di manufatti sotterranei devono essere specificati ad adeguatamente giustificati:

a) la scelta dell'ubicazione o del tracciato dell'opera in dipendenza dei caratteri geologici, idrogeologici e geomorfologici del territorio, delle proprietà geotecniche dei terreni, della posizione e delle caratteristiche dei manufatti preesistenti;

b) la previsione dei metodi di scavo, delle opere provvisionali dei mezzi occorrenti per l'aggottamento eventuale o per la intercettazione dell'acqua sotterranea e degli eventuali procedimenti speciali per il consolidamento temporaneo o permanente del terreno;

c) la previsione degli effetti che gli scavi e l'eventuale aggottamento d'acqua avranno sulla stabilità dei manufatti ricadenti nella zona di influenza dello scavo e degli eventuali provvedimenti da adottare;

d) la previsione sull'eventuale presenza di gas tossici od esplosivi, sulle acque drenate dal sottosuolo, sulle condizioni geotecniche del sottosuolo e sulla ventilazione occorrente nel corso dei lavori ed in fase di esercizio;

e) la definizione delle caratteristiche geometriche e strutturali del manufatto;

f) il piano degli strumenti per il controllo del comportamento delle strutture e del terreno durante il corso dei lavori ed eventualmente in fase di esercizio.

Nel progetto devono essere chiaramente indicati le ipotesi assunte per la valutazione delle componenti di sollecitazione che si destano nel sottosuolo nell'intorno del manufatto ed il significato delle approssimazioni che ne conseguono.

F.3.2. Metodi di scavo.

La scelta dei metodi di scavo deve effettuarsi tenendo conto delle proprietà geotecniche dei terreni che si prevede di attraversare e dell'eventuale presenza di falde idriche e di altri manufatti.

Il materiale di risulta dello scavo deve essere sistemato in aree da indicare in progetto, tenendo conto delle prescrizioni della sezione I.

F.3.3. Verifica del rivestimento.

Le ipotesi per la verifica del rivestimento devono essere compatibili con il metodo e con i tempi di costruzione.

Nel progetto si deve tenere conto della presenza di altri manufatti superficiali o sotterranei e si devono indicare gli eventuali vincoli da imporre per nuove costruzioni.

F.4. *Controllo del manufatto.*

La soluzione di progetto deve essere controllata sulla base delle osservazioni e dei dati sperimentali che si raccolgono nel corso dei lavori. Le osservazioni devono essere proseguite durante l'esercizio per un congruo periodo di tempo, da indicare in progetto.

G. STABILITA' DEI PENDII NATURALI E DEI FRONTI DI SCAVO.

G.1. *Oggetto delle norme.*

Le presenti norme si applicano a:

a) pendii naturali interessati da movimenti franosi;

b) pendii naturali nei quali debbano realizzarsi lavori di qualsiasi tipo,

c) pendii la cui stabilità interessi la sicurezza di opere esistenti;

d) fronti di scavo.

G.2. *Pendii naturali.*

G.2.1. Verifiche di stabilità.

L'accertamento della stabilità deve comprendere i calcoli per determinare il grado di sicurezza del pendio, nella situazione naturale ed in quella eventualmente modificata dai lavori.

Tali calcoli devono essere basati su dati geologici e geotecnici acquisiti con indagini specifiche.

G.2.2. Indagini specifiche.

I rilievi e le indagini devono effettuarsi secondo le prescrizioni della sezione *B* e secondo i criteri particolari seguenti:

a) la superficie del pendio deve essere definita attraverso un rilievo plano-altimetrico in scala adeguata ed esteso ad una zona sufficientemente ampia;

b) lo studio geologico deve precisare la natura dei terreni, il loro assetto tettonico-strutturale, i caratteri geomorfologici e la loro prevedibile evoluzione nel tempo;

c) le indagini geotecniche devono precisare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, la distribuzione delle pressioni dell'acqua interstiziale o nelle discontinuità, gli spostamenti di punti in superficie ed in profondità.

La profondità e l'estensione delle indagini devono essere fissate in relazione alle caratteristiche geometriche del pendio, ai risultati dei rilievi indicati ai punti *a)* e *b)*, alla più probabile posizione della eventuale superficie di scorrimento.

Nel caso di pendii in frana le indagini devono definire anche le caratteristiche geometriche e cinematiche della frana.

G.2.3. Calcoli di stabilità.

La scelta del metodo di calcolo per la verifica della stabilità deve essere fatta tenendo conto della posizione e della forma delle prevedibili superfici di scorrimento, dell'assetto strutturale, nonché delle caratteristiche meccaniche del terreno.

Nel caso di pendii in frana si devono adottare quei metodi — in quanto applicabili — che permettono di eseguire la verifica lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella ricostruita con le indagini.

Negli altri casi deve essere esaminato il numero di possibili superfici di scorrimento sufficienti ad individuare il coefficiente di sicurezza con un'approssimazione accettabile.

Quando sussistano condizioni tali da non consentire una agevole determinazione delle pressioni neutre, i calcoli di verifica devono essere effettuati assumendo le più sfavorevoli condizioni che ragionevolmente si possono prevedere.

G.2.4. Interventi.

Il progetto degli interventi di consolidamento di un pendio deve essere corredato dei calcoli di stabilità sviluppati secondo quanto indicato al punto precedente.

Il piano dei controlli sulla efficacia dei provvedimenti deve essere parte integrante degli elaborati progettuali.

G.3. *Fronti di scavo.*

G.3.1. Indagini specifiche.

Le indagini specifiche sono quelle indicate al punto G.2.2. Esse possono essere eseguite anche parzialmente e diversamente sviluppate a seconda delle condizioni locali, della profondità, dell'ampiezza, della destinazione e della durata di apertura dello scavo.

G.3.2. Criteri di progetto e calcoli di stabilità.

Il progetto deve definire un profilo del terreno che sia stabile con adeguato margine di sicurezza, da valutarsi con i metodi di calcolo indicati al punto G.2.3.

Nel caso di terreni uniformi e omogenei e nei quali le pressioni neutre siano note con sufficiente attendibilità, il coefficiente di sicurezza non deve essere minore di 1,3.

Nelle altre situazioni il valore del coefficiente di sicurezza da adottare deve essere scelto caso per caso, tenuto conto principalmente della complessità strutturale del sottosuolo e delle reali conoscenze del regime delle pressioni neutre.

Si deve tener conto dell'esistenza di manufatti e sovraccarichi in prossimità del ciglio dello scavo.

Nel progetto deve essere esaminata l'eventuale influenza dello scavo sulla situazione idraulica dell'area interessata.

H. FATTIBILITÀ GEOTECNICA DI OPERE SU GRANDI AREE.

H.1. *Oggetto delle norme.*

Le presenti norme comprendono i criteri di carattere geotecnico da adottare nell'elaborazione di piani urbanistici e nel progetto di insiemi di manufatti che interessano ampie superfici e che possono comportare variazioni significative nelle condizioni del sottosuolo e precisamente:

a) nuovi insediamenti urbani o industriali;

b) ristrutturazione di insediamenti già esistenti, compresi quelli da consolidare e trasferire ai sensi della legge 9 luglio 1908, n. 445, e successive modificazioni ed integrazioni;

c) reti idriche e fognarie urbane e reti di sottoservizi di qualsiasi tipo;

d) strade, ferrovie ed idrovie;

e) porti;

f) aeroporti;

g) bacini idrici artificiali e sistemi di derivazione da corsi d'acqua;

h) sistemi di impianti per l'estrazione di liquidi o di gas dal sottosuolo.

H.2. *Indagini specifiche.*

Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti.

Le indagini devono in particolare accertare le condizioni di stabilità dei pendii, tenuto conto anche di eventuali dannosi effetti dell'inserimento delle opere.

Saranno inoltre considerati i fenomeni di subsidenza prodotti da modifiche del regime delle acque superficiali e profonde, nonché da asportazioni o riporti di materiali terrosi.

H.3. *Verifiche di fattibilità.*

Prima di passare alla progettazione delle singole opere per le quali valgono le norme specifiche, occorre verificare e documentare con relazione tecnica la fattibilità dell'insieme dal punto di vista geologico e geotecnico e, se necessario, individuare i limiti imposti al progetto dalle caratteristiche del sottosuolo.

I. DISCARICHE E COLMATE.

La presente norma si applica agli accumuli di materiali sciolti di qualsiasi natura

Nel rispetto degli strumenti urbanistici e delle norme vigenti sulla protezione dei corsi d'acqua, sulla salvaguardia del paesaggio e dell'igiene pubblica, la scelta delle aree da destinare a discarica o colmata va eseguita sulla base di uno studio geologico e geotecnico.

Le discariche e le colmate devono essere realizzate sulla base di un progetto che ne stabilisca le dimensioni e le modalità di posa in opera, indichi i provvedimenti necessari per la conservazione della stabilità nel tempo, tenendo conto anche della futura destinazione dell'area, esamini la stabilità dello insieme terreno di fondazione-discarica, con particolare riguardo alla stabilità dei pendii e consideri l'influenza sulle opere presenti nei dintorni.

Lo studio idraulico dell'area da destinare a discarica o colmata deve prevedere tutte le opere di raccolta e canalizzazione delle acque superficiali e profonde, nonché delle eventuali acque drenate nel tempo dal corpo stesso della discarica.

L. EMUNGIMENTI DA FALDE IDRICHE.

La presente norma si applica alle opere ed agli interventi riguardanti l'estrazione di acqua dal sottosuolo.

Nel progetto delle opere di emungimento si deve accertare che eventuali conseguenti cedimenti della superficie del suolo siano compatibili con la stabilità e la funzionalità dei manufatti presenti nella zona interessata dall'emungimento.

Il progetto deve stabilire anche i mezzi e le modalità di estrazione in modo da evitare che con l'acqua venga anche estratto il terreno o la sua frazione più fina.

M. CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI.

La presente norma si applica agli interventi di consolidamento dei terreni e delle rocce volti ad ottenere modifiche permanenti o temporanee delle caratteristiche meccaniche per mezzo di procedimenti tecnologici di vario tipo.

Il progetto di consolidamento deve comprendere:

a) analisi delle condizioni che rendono necessario l'intervento in relazione alle opere da realizzare ed agli scopi che si devono conseguire;

b) acquisizione dei dati geologici e geotecnici specifici, necessari al progetto, mediante indagini in sito e di laboratorio;

c) progetto esecutivo dei lavori di consolidamento e dei processi costruttivi;

d) prescrizioni sulla verifica delle previsioni progettuali attraverso indagini in corso d'opera con relativo controllo in sito.

N. DRENAGGI E FILTRI.

Le presenti norme si applicano ai manufatti formati da uno o più strati di materiale sabbio-ghiaioso o di materiali sintetici, costruiti allo scopo di controllare e regolare la filtrazione e le pressioni neutre delle acque nel sottosuolo, nell'interno di manufatti di materiali sciolti ed al contatto tra strutture e terreno.

Il progetto di drenaggi e filtri deve comprendere la scelta dei materiali tenendo conto dei requisiti richiesti per la funzionalità dei filtri stessi e delle caratteristiche del terreno con il quale essi sono a contatto.

(471)

ERNESTO LUPO, *direttore* DINO EGIDIO MARTINA, *redattore*

(2651004/10) Roma - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - S.